

**CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO
GEOLÓGICO DEL DELTA DEL PARANÁ
Y ALREDEDORES**

Por PABLO GROEBER

R E S U M E N

Los elementos esenciales de la composición estratigráfica y los rasgos tectónicos del Delta son considerados en este trabajo como base para comprender la evolución de su estructura y los caracteres de su paisaje en el momento actual. La erosión de los contornos de las islas se producen por el oleaje de navegación. El agua potable del subsuelo está relacionada con la distribución de la formación puelchense. Las lagunas interiores derivan de meandros fluviales abandonados del Paraná y en parte se habrían formado por túneles de oleaje subterráneo o surgencias. Un delta subfluvial se ha originado como consecuencia de la retención en aguas casi quedas de los depósitos de transporte del río, sobre el borde mismo del delta emerso en el estuario.

S U M M A R Y

The essential elements of the stratigraphic composition and the tectonic features of the delta (of Paraná River) are considered in this work as a basis to understand the evolution of its structure and the characters of its present landscape. The erosion of the islands' borders is produced by the waving made by navigation. The potable water of the subsoil is connected with the distribution of the "Puelchense" formation. The inland little lakes are originated by the fluvial meanders left by the Paraná River and partly they would have been formed by tunnels of underground waving or by springs. A subfluvial delta is formed on the delta's margin itself, emerged in the estuary, as a result of the keeping, in nearly quiet waters, of the materials carried by the river.

I

CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO GEOLOGICO DEL DELTA DEL PARANA Y ALREDEDORES

I. DESGASTE DE LAS ORILLAS DE LAS ISLAS

Hay lamentos conmovedores entre los pobladores de las islas porque se carcomen progresivamente las orillas de los canales y brazos del río Paraná. El daño afecta en especial las plantaciones de árboles que arrancan de la misma orilla de los cursos de agua. Es voz corriente que es el río nefasto quien daña con su erosión, los frutos de la labor y del sudor de los abnegados pobladores. Es verosímil que lo de la erosión se hizo popular desde que los diarios se hicieron eco de aquel problema en suelos del interior arados en regiones inadecuadas. En efecto, en todos los riachos que suelen ser visitados, con frecuencia se observan árboles tumbados hacia el curso de agua. Algunos ya están separados enteramente de la orilla que está alejada del raigón, puesto de canto, por un bracito del canal o arroyo hasta de dos a tres metros de ancho; a menudo, se ven macizos enteros de árboles y arbustos aislados de la orilla y sumergidos, pero mayormente aún parcialmente en pie, porque el fieltro de raíces los sostiene. En este caso, distan de la orilla hasta cinco metros. Detrás de ellos la nueva orilla se extiende rectilíneamente aguas arriba y abajo, como fuera la de tiempo atrás (Fig. 1).

En el caso de la orilla junto a la Escuela del canal Irigoyen, la rapidez del retroceso de la costa es muy notable. El edificio ha sido erigido hace unos 7 años sobre la orilla oriental del canal Irigoyen, a unos 16 km. de Zárate, en un terreno cubierto de vegetación y sin árboles en la costa. Al habilitarse la Escuela, ésta se encontraba a cuarenticinco metros del canal

y ahora a veinte metros. El retroceso de la costa es, pues, de unos cuatro metros por año. La información es debida al maestro que dirige el establecimiento de enseñanza. Debe anotarse que en el trecho en que se hallan el edificio y el terreno destinado al recreo de los colegiales, el canal Irigoyen forma una ensenada, indudablemente, porque le falta la defensa de árboles en la orilla, motivo de la medida descomunal de la destrucción erosiva de la costa. La existencia de erosión es, pues, indubitable.

¿Cuáles son sus causas? Ilustrativo es en este sentido lo que se observa en el canal Irigoyen que parte del Paraná de Las Palmas frente a Zárate, hacia el N. y el Talavera (Fig. 2). Su longitud, partiendo de Zárate, es de unos 21 kms. Sus orillas son pobladas y en trecho de los 10 primeros kilómetros se han arraigado diversas plantaciones de árboles. Para la carga de rollizos en barcazas se han construido pasarelas o muellecitos sobre parantes o pilotes.

Los que mayor antigüedad muestran por el grado de ataque de la intemperie, se hallan aislados en la orilla actual y se yerguen precariamente en medio del agua, a veces a 8-10 m. de la costa. Algunos de ellos, han sido conectados con tierra firme por tramos complementarios, en parte más o menos intactos, en parte deprimidos cerca de la costa. Existen otros hundidos en su parte terminal o ladeados. Donde aún existe una conexión entre nacimiento y remate, la longitud llega hasta 10 y 12 metros. Es a esta distancia donde primitivamente estaba la orilla del canal. Los muellecitos más recientes y de mejor estado son los más cortos en el caso de que ha sido removida bastante tierra para hacer posible que atraque la embarcación. Donde esto no es el caso, las pasarelas tienen una longitud de 8 m. máxima. Se ha hecho un registro de las mismas. Es éste:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1)-4) debilitados y desparejos | 12) en regular condición, des- |
| 5) buena | nivelada |
| 6) larga, parcialmente hundida | 13) fuera de uso, interrumpida |
| 7) buena | 14) regularmente conservada |
| 8) buena | 15) idem (14 y 15 sujetas por |
| 9) tambaleante | rieles) |
| 10) 2 pasarelas buenas | 17) semidestruida |
| 12) parcialmente sumergida | 18) regular |
| | 19) pasarela brotada |

LADO OESTE DEL CANAL

Sobre el lado este del canal, existe, al parecer, mucho menor cantidad de plantaciones de árboles, a juzgar por la escasez de embarcaderos. Estos pueden identificarse en el croquis de la figura 2, citado por letras (de a a c) de los cuales sólo c) se encuentra en malas condiciones.

Por el contrario, la descripción muestra que los embarcaderos o muellecitos de la orilla oeste del canal, han ido sucumbiendo, paso a paso, conforme a la destrucción de la misma.

La circunstancia de que a menudo se observa que principio y remate de éstos se encuentran hundidos, demuestra que no se trata de erosión común por la correntada del río. Cuando ésta se produce, se forma una rampa ascendente desde el cauce hacia tierra adentro, lo que indica que la fuerza del río pierde violencia hacia la orilla. Lógico es que suceda así, porque en todo curso de agua, su velocidad es mayor en el medio que en la orilla, siempre que no se trate de un curso sinuoso. En consecuencia, no se trata de erosión natural de un río, sino que interviene un factor no natural.

Con mayor claridad se revela la causa de la destrucción de la orilla en el río Luján. Donde termina el denso poblado y donde los dueños de los lotes protegen sus jardines y casas contra los desperfectos mediante tablestacados, no hay destrucción, pero fuera de este radio, se presenta con toda su fuerza. Ambas orillas del curso de agua, relativamente estrecho, acusan los efectos de un sublavado.

Por de pronto, el modo como yacen los árboles volteados de la costa, tumbados hacia vaguadas del canal, con todos los tipos intermedios entre individuos en pie y enteramente tumbados, muestra que se trata de un proceso continuo y no del efecto de una crecida violenta de río, que arranca las plantas de cuajo y las lleva a grandes distancias, hasta una zona donde se quiebra la corriente y se amontonan los componentes de la resaca. Se trata de acontecimientos muy espaciados, a menudo separados por muchos años. No hay crecientes cada semana.

La manera cómo los árboles pierden pie y se doblan hacia el agua, revela claramente que se produce un sublavado de la orilla por olas producidas por las hélices de las embarcaciones de todo tamaño, entre las cuales, las más destructoras son las que mayor velocidad desarrollan.

Es, pues, indubitable que no es el río el que erosiona las costas, sino el oleaje violento producido por las embarcaciones y su propulsión.

Para una adecuada confirmación de este aserto, hice recorridos en las orillas de brazos anchos del Paraná Guazú y de las Palmas; en menor escala en el Paraná Pavón.

Como se trata de cursos de agua cuyo ancho es, a menudo, mayor de un kilómetro, el oleaje producido por las embarcaciones se desvanece antes de que llegue a la orilla, y sobre ella no hay árboles tumbados, no hay el "sublavado" como en los canales. Pero ha de hacerse una advertencia. El derrotero seguido tradicionalmente por los barcos no pasa sino excepcionalmente por el eje del río, donde la corriente es más veloz. Donde el tráfico sigue las rutas tradicionales y pasa en la cercanía de las orillas, hay destrucción de las costas; pero como se acerca a ellas no siempre en los mismos lugares y toma rutas solamente semejantes entre sí, el ataque del oleaje de las embarcaciones no incide siempre en los mismos sitios, sino espaciadamente; la destrucción no es cerrada y menos intensa. En los trechos en que el tráfico se mantiene siempre alejado de las orillas, ellas están intactas. El río no erosiona nada.

Para acumular pruebas, recorrí también brazos que carecen de todo tráfico mayor y que sólo son usados por los vecinos que emplean botes a remo o con pequeños motores, a menudo del tipo cutboard. Cito como ejemplo el brazo Los Talas, situado aguas arriba de San Nicolás, sobre la orilla izquierda del Paraná Guazú, llamado también laguna Los Talas. Cuando el Paraná corre con mucho caudal, tiene acceso desde el oeste por tres arroyos, como se verá al tratarse las lagunas internas de las islas.

En tiempos de mi visita, la laguna tenía alguna corriente, pero como su comunicación con el río abierto y situado aguas arriba no es transitable, la ausencia de tráfico hace que sus orillas estén intactas. Como se verá, logramos forzar el pasaje al Paraná por uno de los brazos bifurcados del mismo, que desde luego, en tiempos de verdadera crecida, invade ampliamente la "laguna" y la convierte en brazo con corriente fuerte; pese a ello, las orillas no son afectadas por erosión. Lo mismo acontece en otros cursos de agua no traficados por lanchas, como puede observar cualquier turista en los alrededores del Tigre, en los brazos sólo accesibles por botes de remo.

La opinión que culpan al Paraná de la destrucción de las islas son urdidas de mala fé, porque luego de una conversación

más o menos detenida, cualquier interpelado admite como causa el tráfico de embarcaciones motorizadas; otros ni hacen referencia al río y su erosión por sinceridad innata.

El caso se asemeja al que fue en 1947 motivo de una consulta hecha por la gobernación de Formosa, por intermedio de la Universidad de Tucumán, al Dr. A. Castellanos y al autor, sobre la pretendida invasión del vinal en los pastizales del oeste de la provincia y la sustitución de las gramíneas por esta lujuriosa de púas a veces peligrosas.

La visita dio como resultado que, a causa de la política descabellada de no instalar propietarios en los campos fiscales sostenida por Tierras y Colonias, se produjo una invasión de ganado vacuno a principios del siglo en "tierra de nadie", o sea en dichos campos, incontrolable por falta de alambrados. Como consecuencia, fue devorado el abundante pasto que crecía en las amplias abras entre el bosque desarrollado es macizo y las vaguadas de antiguos arroyos ahora desaparecidos. Las abras estaban cubiertas por arena de 1-1,5 m. de espesor que descansaban en un terreno gredoso rojizo cuartario, asimilable al Ensenadense, impermeable y duro, en el cual no pueden echar raíces las gramíneas, y del cual son limpiadas las semillas por el viento. Una vez devastado el pastizal por los vacunos trajinantes, el viento se llevó la arena contra la brilla de los bosques, donde se acumuló como médanos. Limpia la greda aflorante, sólo puede arraigarse en ella el vinal.

Donde existen propiedades, las abras tienen su cubierta de arena y sus pastizales cuidados por los dueños de campo y conservados mediante una racional distribución de hacienda.

La ruina de los campos fiscales patagónicos, tiene la misma causa, al igual que la de los campos fiscales de la cordillera del sur de Mendoza.

Dadas estas circunstancias, sería lógico que los usuarios de las vías fluviales contribuyeran al mantenimiento de las costas de las islas, lo cual tratan de evitar, inculcando al río y a su erosión de la destrucción.

De esta manera se evita efectuar gastos que tratan de endilgar al gobierno.

AGUAS POTABLES DE LAS ISLAS

Unánime es también la conmovedora queja de los moradores de las islas referente a la calidad de las aguas subterráneas

que son saladas y amargas a la vez y nocivas para los intestinos. No se explica por qué, habiendo tanta agua en torno de ellas y dulce, las de los pozos sea intomable, de modo que deban de recurrir a los sifones, cargamento preferido de los lanqueros.

La razón está en que el depósito que se halla inmediatamente debajo de la cubierta aluvional de las islas es de origen marino, igual en composición y salinidad al que ocupa el "hinterland" de la Bahía de Samborombón.

Se trata de un fango arenoso-arcilloso gris a gris oscuro a gris verdoso o gris azulado, rico en sustancias orgánicas, sapropélicas, descompuestas bajo la ausencia de oxígeno en sedimento embebido de agua. Es esta la razón por la cual, en pozos en vías de ejecución, aparece en la cañería el "gas de pantano", o sea metano, en tal cantidad a veces, que el lugareño lo utiliza para el alumbrado y para la cocina de su casa.

El depósito ha sido sedimentado por el mar del Samborombonense de edad postglacial y considerado por el autor como paralelo al "Gran Lago Glacial", al mar de Yoldia del Báltico, distante de nuestros días unos 8.000 a 10.000 años. Durante su extensión máxima llegó en el "interland" de la bahía de Samborombón hasta el ya borrado acantilado formado por el Ensenadense, depósito del Cuartario inferior, que forma también la barranca austral del río de la Plata y del Paraná hasta más allá de Rosario. En el embudo del Paraná se extendió hasta Santa Fé y aguas arriba de este punto, desarrollándose un "delta" como el del tramo entre Rosario y Tigre.

El mar del piso de Samborombón ha dejado sus depósitos hasta una altura de 6 m. sobre el mar en la zona de Cerri, al oeste de Bahía Blanca; en Dolores, el "hinterland" del golfo de Samborombón está edificado sobre ellos y se encuentra a unos 10 m. sobre el mar. Su espejo ha sido superior a estas medidas, de modo que pudo penetrar ampliamente en el embudo del antiguo Paraná, donde en Victoria (Entre Ríos) tiene la cota de 8 m. y donde las aguas del Paraná llegan a 5.6 m. Debe tenerse en cuenta que las mareas, en golfos estrechos, enaltecen

a razón de $h' = h \left| \frac{a}{a'} \right|$, donde h' es la altura de la marea en el remate del golfo, h la altura en su entrada, a el ancho del mismo en la entrada y a' en su remate. Siendo el ancho del río de la Plata entre Punta Piedras y Montevideo de 100 km. y el del Paraná en Diamante en 25 km., y poniendo la altura

de la marea en la salida del río de la Plata igual a 1, en Diamante como mínimo se duplica su altura. La penetración del mar hasta Santa Fé-Paraná es pues perfectamente justificada. El espesor del sedimento debe ser variable, dado que fue acumulado en un amplísimo valle de erosión. Este valle fue y es contenido entre la barranca del Ensenadense por el Sur y el llamado Entrerriense por el Norte. En términos generales, el valle es tectónico y sigue por el Oeste y Suroeste la línea de fracturación que rodea Entre Ríos y prosigue, arrimada contra la costa uruguaya del río de la Plata, hasta los confines del continente por el Atlántico. El rechazo de la fractura en Paraná-Santa Fé es de unos 70 m. o algo más y entre Uruguay y Buenos Aires, de miles de metros.

El labio austral se inclina ligeramente hacia la fractura. De esta manera, el Ensenadense de la barranca del Paraná y del río de la Plata, pasa por debajo de la vaguada de ambos.

Ello quedó en evidencia por las perforaciones que se hicieron en los atracaderos del ferry boat de la ruta 12 de Zárate a Puerto Constanza, tanto en el canal Irigoyen, como en el del Talavera-Paraná Guazú.

Para una comparación adecuada, conviene tener presente los perfiles reconocidos en torno a Zárate. Según informaciones recogidas en el lugar se suceden:

- 1- 3 m. Tierra vegetal, humus con frecuentes nódulos de tosca.
- 19 m. Limo arcilloso, algo calcáreo rojizo del Ensenadense que aflora en la barranca del río.
- 26 m. Banco de "tosca".
- 30 m. Limo gris-blanquecino, calcáreo.
- 40 m. Limo rojizo, Ensenadense.
- 45-47 m. Limo arcilloso rojizo y verdoso, Ensenadense.
- 50 m. Arenas claras, e. p. ferruginosas del Puelchense.

La constitución del subsuelo es la que se conoce del NE de Buenos Aires, con iguales distancias para los diferentes estratos desde la superficie, lo que permite reconocer que el ascenso topográfico del Sureste a Noreste corre parejo con el de los terrenos cuaternarios. Sabemos que, al mismo tiempo, ellos buzan hacia el río de la Plata, como se desprende del hecho que el grueso banco de "tosca" que en Vicente López, Olivos y San Isidro aflora en la orilla del río, se halla en el río de las Conchas en el camino de Hurlingham a Campo de Mayo a los 8-10

m. sobre el cero del Riachuelo. El declive es entonces aproximadamente 1:1500.

Algo afuera del ejido de la ciudad de Zárate y al Suroeste de ella, el Puelchense, el horizonte acuifero por excelencia del Noreste de la provincia de Buenos Aires, se halla a algo más de 40 m. de la superficie del terreno tal como por ejemplo en Morón Haedo, etc. Este mismo horizonte ha sido encontrado en tres perforaciones ejecutadas en la ruta 12: una en el atracadero del ferry boat en el canal Irigoyen frente a Zárate, donde se halla a 34 m. debajo de la boca del pozo, otra en el campamento de Vialidad en Aguila Negra donde se encuentra a 50 m. y la tercera en el atracadero sobre el río Talavera-Paraná Guazú, donde está a igual profundidad teniendo en cuenta el desnivel entre lo alto de la barranca y el río que a falta de nivelación puede estimarse en unos 15-20 m.; habria entre los lugares de perforaciones suburbanas de Zárate y la del atracadero, un desnivel de unos pocos metros sobre una distancia de aproximadamente 15 km., es decir, muy semejante al que rige en el trecho Campo de Mayo-Tigre u Olivos. Algo más acentuada es la inclinación del estrato a lo largo de la ruta 12 donde descende unos 15 m. sobre 20 km. de distancia, o sea 1:1333, aproximadamente la misma que la recién mencionada.

Es de notar que en el campamento de Vialidad a los 20 m. debajo de la boca del pozo se halló en el "barro plumizo", vale decir, en el Samborombonense, una camada con *Littoridina Par-chappi*, conocida de este piso de las perforaciones ejecutadas en el "hinterland" de la bahía de Samborombón, por ejemplo en Puesto del Bote, Madariaga, etc. Entre este piso y las arenas puelches portadoras de agua dulce se intercala un paquete Ensenaderense, siendo desconocido con qué nivel exacto comienza por arriba. Es verosímil que sea coronado por el banco de "tosca" de la costa de Vicente López-San Isidro y de Hurlingham-Campo de Mayo. Este banco se encuentra en el riacho Baradero (Varadero) y es tangible por el fondo de las embarcaciones, de donde deriva su nombre.

Con los datos existentes, es posible trazar un perfil (Fig. 3), a través de la hondonada ocupada por la vaguada del delta del Paraná, digamos de Zárate a Gualaguay, donde aflora en la barranca el Entrerriense-Mesopotamiense, ambos eocuartarios. Un perfil detallado ofrece la perforación IV de Gualaguay con boca de pozo a 12,32 m. sobre el cero del Riachuelo. Se suceden:

- Loess descalcificado, humoso.
- 0,45 m. Arcilla pardo-amarillenta.
- 2,50 m. Marga gris clara, compacta.
- 4,00 m. Arcilla gris clara.
- 6,80 m. Arena fina a mediana, blanca.
- 10,50 m. Arena cuarzosa, gruesa con granza silícea esporádica y trocitos de limonita.
- 20,00 m. Arena cuarzosa, gruesa, blanco-amarillenta con granitos de cuarzo gruesos.
- 23,20 m. idem, amarilla, con nódulos arcillosos y limoníticas, en parte duros.
- 30,00 m. idem gruesa con rodados abundantes de cuarzo, arcilla, limonita, cemento a menudo ferruginoso.
- 32,50 m. idem con grandes trozos de arena concrecionaria, duras, negras, aglutinadas por limonita y concreciones arriñonadas de limonita.
- 33,00 m. idem, con granza silícea y muchas porciones cementadas por limonita.
- 33,50 m. Igual a 32,50-33,00 m.
- 35,00 m. Arena de trozos angulosos de cuarzo, gruesa a muy gruesa, amarillenta, con granza, cuarzo y trozos de limonita.
- 36,00 m. A los 36 m. arena amarillenta gruesa con madera fósil, granza y conglomerados de rodados de cuarzo y de limonita arriñonada, más de cuarcita, gris dura, se halló costillas de Sirena.
- 39,00 m. No hay datos.
- 48,00 m. No hay datos.
- 58,00 m. Arena blanca, gruesa.
- 87,50 m. Arena blanca, muy gruesa, con algunos rodados de cuarzo.
- 89,00 m. Arena cuarzosa, áspera, gruesa, amarilla, con rodados de cuarzo, jaspe, cuarcita, etc.
- 95,00 m. Muestra arcillosa gris-verde-clara, algo arenosa, con algunos rodados silíceos caídos de arriba.
- 100,00 m. Arcilla parda con nódulos calcáreos.
- 113,50 m. Arena mediana de cuarzo, blanco.
- 120,00 m. Marga parda-negrizca, con trozos de arcilla verde y pequeños nódulos calcáreos, rodados de cuarzo (derrumbe).

127,00 m.	Arena mediana, cuarzosa, gris-blanca, con numerosos trozos de arcilla pardo-gris y verde-gris-clara con algunos rodados de cuarzo.
130,50 m.	Arena gris blanca con rodados de arcilla verdosa y pardo-gris de cuarcita roja-pardo oscura.
135,80 m.	Marga gris, clara, muy arenosa, conglomerádica.
137,30 m.	Arena de cuarzo, gris-blanca, fina.
157,00 m.	Arcilla verde-bris, oscura.
157,70 m.	Arena gris-blanca, mediana.
166,50 m.	Marga gris-verde.
168,50 m.	Arena feldespática, algo aglutinada por marga.
200,00 m.	Marga parda con abundantes concreciones pequeñas calcáreas.
210,00 m.	Marga muy arenosa, gris oscura.
220,00 m.	Marga pardo-gris, arenosa, con nódulos calcáreos.
270,00 m.	Idem, algo conglomerádica por granza fina.
289,50 m.	Arcilla parda.
294,50 m.	Conglomerado fino, muy calcáreo, de cuarzo, arenisca roja y "tosca".
323,00 m.	Arena amarillenta con granza gruesa de cuarzo y arenisca roja.
334,00 m.	Conglomerado poco cementado, verdoso, arcillo-arenoso.
356,00 m.	Marga roja con algunos rodados.
433,00 m.	Arcilla arenosa, roja.
453,00 m.	Porfirita augítica (mantos de meláfiro).
499,00 m.	Anfibolita.
501,40 m.	

Entonces tenemos: 0-6,80 m. Ensenadense; 6,80-95,00 m. Puelchense = Mesopotamiense = Asperon de Corrientes (= Entrerriense) = Ituzaingoense; 95,00-294,50 m. Paranaense con Palmireense; 294,50-356,00 m. Conglomerado de base del mismo; 356,00-453,00 m. piso de Olivos; 453,00-499,00 m. Serie de Serra Geral (Triásico superior); 499,00-501,40 m. Basamento cristalino.

Estando Gualeguay a 12,50 m. sobre cero, la base del Ensenadense se halla a unos 6 m. de altura, en cambio por Ba-

radero se encuentra a unos 12 a 15 m. debajo del banco de "tosca" de Vicente López, que a su vez se encuentra a unos —2 m. La base del Ensenadense se encuentra allí de —14 a —17 m., o sea de 20 a 23 m. debajo del nivel que ocupa por Gualeguay. Dado que el conjunto del lado derecho del río Paraná buza como se dijo ligeramente al Noreste a razón de 1:1.300, el banco de "tosca" debería estar en Gualeguay distante 70 km., a los —50 m. y el límite de Ensenadense-Puelchense, a —65 m.; pero como difícilmente la fractura pasa por las inmediaciones de este pueblo, sino a los 30 km. del riacho de Baradero, las cifras son —25 y —40 m., respectivamente. El rechazo de la falla no pasa, pues, de unos 40-50 m. Su trazado queda reconocible por el rumbo que toma en dirección a Martín García y a la costa sur del Uruguay y por la corrida del riacho Paranacito.

En la rampa entre Paranacito y la barranca del sur de Entre Ríos, aparece el Puelchense y sus arenas, lo que explica la diferencia de paisaje de la zona y el retroceso notable de la barranca norte del delta en contraste con la barranca austral que se eleva desde el río Paraná. Un rasgo característico saliendo de la zona, entre el Paranacito y la cornisa de Ensenadense, consiste en la presencia de médanos cuyos materiales proceden de las areniscas puelchas o mesopotamienses, que, como se vio en la descripción de los terrenos atravesados por la perforación de Gualeguay, se trata en parte de arenas casi sueltas que recubren la rampa. No se sostienen en su superficie cuerpos de agua y los arroyos son muy escasos por la fácil infiltración en contraste con las áreas ocupadas por el Samborombonense. El hecho de que en el Paranacito se encuentra el límite entre terreno seco y anegadizo indica que el Samborombonense se ha extendido desde el sur hasta este curso de agua. Ello no quiere decir que coincida con la fractura marginal de Entre Ríos que se halla más al sur tomando rumbo de Victoria a Colonia (Uruguay). Es posible precisar más su trazado en base a lo observable por Ibicuy. El ferrocarril de Gualeguay a Ibicuy, una vez pasada la cornisa de Ensenadense, baja por la rampa que deja ver areniscas claras del Ituzaingoense = Puelchense = Mesopotamiense = Asperón de Corrientes = Entrerriense hasta el Paranacito, al sur del cual vuelven a presentarse formando la ladera del cerrito de unos 11 a 13 m. de altura que es rodeado por la ferrovía en dirección a Ibicuy. Su existencia hace posible llegar a la orilla del Paraná. Por el pie sur del cerrito corre la fractura que toma

rumbo ESE, en procura de la saliente de tierra firme en Colonia, costa sur del Uruguay. La mayor parte de la zona situada al Noreste de la fractura está cubierta por el Puelchense; abarca un espacio triangular surcado por el Paranacito que en un tiempo se alimentó del agua que brotaba de la arena y que posteriormente, se convirtió en ramificación del Paraná al incidir regresivamente en las arenas puelches, fácilmente destructibles, hasta el nivel de aquél. Es verosímil que la incorporación del Paranacito no se haya producido por mera erosión y que en ello intervino en el post o tardío glacial, la expansión del mar samborombonense en el embudo del Paraná. Su nivel era 12 m. superior al actual nivel del mar, por lo menos en los fondos de las bahías y de todos modos superior a la cota 10 m. de Dolores. El Samborombonense penetró en las escotaduras de la rampa situada al sur de la barranca de Gualeguay e inundó el talweg del Paranacito que quedó preparado por el vaivén de las mareas para que una pequeña parte del Paraná pudiera volcar sus aguas por este viejo surco de erosión. Esta agregación, queda evidenciada por la conexión un tanto precaria entre Paraná y Paranacito, no siempre utilizable. El mar samborombonense penetró en las escotaduras elaboradas por la erosión pre-samborombonense, sobre todo en la del río Uruguay y en mucho menor escala en las del Gualeguay y Nogoyá, llegando al mismo pie de la barranca formada por el Ensenadense. Donde la fractura corre al pie de la misma, el Samborombonense llega hasta ésta.

La circunstancia de encontrarse el Paranense, en Paraná a flor de agua o poco más arriba como en el pueblo Brugo y en Gualeguay abajo de los 83 m., indica que existe un general ascenso de sur a norte del bloque de Mesopotamia. De acuerdo con ello, el Eocuartario, el Entrerriense = Mesopotamiese = Ituzaingonense = Puelchense = Asperón de Corrientes ya no queda semioculto en profundidad, sino que está a la vista en toda su extensión vertical sobre el lado izquierdo del Paraná. Su espesor por Paraná es de unos 30 m., menor que el de la perforación de Gualeguay y parecido al que tiene el Puelchense al sur del río Paraná; ello significa que ha sido rebajado por erosión antes de la depositación del Ensenadense que se halla en lo alto de la barranca. Este paulatino hundimiento del conjunto, sito al Este del Paraná, hacia el Sur y Sureste no ha sido todavía controlado por el autor de modo que será objeto de investigaciones ulteriores.

En el mapa de la figura 4, está consignada la distribución de los terrenos y el recorrido de la fractura.

En la confluencia de los ríos Paraná y Uruguay, la fractura descrita se encuentra con otra que, si bien fue considerada precaria, ahora puede ser trazada por haberse confirmado su existencia. En efecto, se desprende del hecho de que en la costa izquierda del Uruguay no sólo aparece el cristalino en Colonia y la isla Martín García, sino que de Carmelo a Fray Bentos afloran las areniscas e. p. cuarcíticas con dinosaurios del Senoniano y el piso de Palmira de edad aquitaniana-vindoboniana, de los cuales el segundo se encuentra de —33 a —282 m. en la orilla derecha. Es probable que esta falla prosiga por el arroyo Guauguaychú, porque según un dato disperso a comprobarse, en la faja situada entre éste y el río Uruguay, cerca del pueblo de Guauguaychú, se han encontrado las areniscas cuarcíticas de Palacios, senonianas, siempre que no se trate de partes endurecidas del Mesopotamiense = Ituzaingoense = Puelchense.

Una futura revisión de la geología de esta extensa zona aportará más elementos de juicio al respecto y permitirá, es de esperar, fijar en detalle la falla del río Paraná. Ello será conveniente por la relación de la estructura con el problema del agua de la región del delta.

Al perfil dado a conocer por Frenguelli (1947), debe hacerse las siguientes anotaciones: el espesor del Puelchense, que fue tomado de perforaciones ejecutadas a gran distancia, en Olivos, debe ser seguramente mayor por las razones que se exponen a continuación. No se han profundizado los pozos hasta tocar el Paranense-Palmirenses subyacente, ni en Zárate, ni en la órbita de la ruta 12.

En el pozo de Guauguay el Puelchense tiene 85 m. de espesor y se halla en el labio sobreelevado al norte de la fractura. No es posible que el Puelchense del labio deprimido haya sido erosionado en mayor grado que el que se hallaba a mayor altura. Además, no resulta verosímil que haya existido un proceso complicado de orden tectónico que se analiza de esta manera. Para hacer posible el rebajamiento del Puelchense del labio suroeste debería haberse hallado a mayor altura después de una primera dislocación; si el labio suroeste estaba sobreelevado, no había depresión para dar cabida al río Paraná. Más adelante se habría depositado el Ensenadense con discordancia de erosión y un nuevo desplazamiento a lo largo de la fractura habría invertido la relación entre ambos bloques ha-

ciendo descender el suroccidental en unos 60 m. que es la medida del desnivel entre las bases de los dos cuerpos de Ensenadense.

No existe tal "sube y baja" de los labios de fractura; los desplazamientos verticales mantienen su tendencia y su reiteración obedece a las mismas causas tectónicas que dieron lugar al primero de ellos. Perforaciones a ejecutarse en el futuro, permitirán el reconocimiento adecuado de los rechazos habidos en las diferentes ocasiones. El perfil de figura 5, confirma el mantenimiento del sentido de desplazamiento con ascenso del labio este y noreste y la permanencia en su nivel primitivo del labio Oeste y Suroeste hasta un ligero asentamiento. Trazado de Santa Fé a Paraná, comprende la perforación de Laguna Paiva no muy distante de la primera ciudad y representativa del subsuelo de la faja de Santa Fé contigua al río Paraná y lo aflorante en la barranca de la orilla izquierda tal como se presenta en la ciudad de Paraná. En ésta, el Entrerriense = Mesopotamiense, ambos eocuartarios, tienen unos 35 m. de espesor coronados por el Ensenadense. Al oeste del río tienen algo más de 90 m.; aquí se mantuvo a menor altura que en el labio Este de la fractura desgastado por erosión unos 60 m. de su espesor primitivo. Además, se observa que el Ensenadense de uno y otro lado de la fractura ha sufrido un desplazamiento de unos 30 m. a favor del labio Este, y que el desplazamiento del Puelchense o Entrerriense o Mesopotamiense o Ituzaingoense, acusa un desnivel de unos 100 m. suma de los rechazos de: 70 m., consecuencia de los movimientos entre Eo e Infracuartarios y, 30 m., de los movimientos postensenadenses ubicables en el comienzo del Cuartario medio.

No es verosímil que en algún distrito del delta del Paraná la erosión haya llegado a remover totalmente las capas ensenadenses protectoras. Si ello no ha sucedido en una faja vecina a la barranca del Sur del Paraná donde, por su inclinación, el Puelchense se encuentra a un nivel mayor que más al Norte, tampoco se habría producido el caso a mayor distancia.

De lo dicho se desprende que es probable hallar agua potable en islas situadas más al Norte siempre que no haya intervenido otro factor: el tectónico. En un trabajo anterior (Groeber, 1945), expuse que el subsuelo del Noreste de Buenos Aires, sin contar entidades profundas, consistía en sedimentos terciarios, el "rojo" y el "verde" o sea del piso de Olivos y del Paraná, divididos en un gran número de bloques o pilares por fracturas paralelas y otras perpendiculares al río

de la Plata y de rechazo de muy variable altura. Esta estructura de bloques se desarrolla entre la gran fractura "panamericana" que separa Brasilia de la fosa chaco-bonaerense-amazónica-llanera (de Venezuela) y que en la Argentina bordea Mesopotamia por el Oeste y Suroeste. Con el Eocuartario, concluyó el proceso de dislocaciones importantes y densas y los bloques mochados fueron cubiertos por los sedimentos ecuatorarios y luego por los del Pampeano, ante todo del Ensenadense. Ellos mantienen posición subhorizontal únicamente afectados por fracturación sobre la misma falla principal arrimada a la barranca izquierda del Paraná, donde han sido dislocados Entrerriense y Ensenadense con un rechazo de unos 70 m. entre Santa Fé y Paraná, Diamante y Rosario, etc.

Es posible que existan fallas paralelas y cercanas, secundarias de la principal, que pueden haber delimitado escalones de altura suficiente para que la erosión pre-samborombonense pudiese eliminar la capa protectora ensenadense del Puelchense haciendo posible la surgencia de aguas saladas características para el Paranense. En tal caso puede existir una banda de agua subterránea no potable en la región del Paraná Pavón, Paranacito, etc.

Del perfil de Zárate a Gueleguay se desprende un reconocimiento de interés que consiste en que las arenas puelches del Norte de Buenos Aires, entran en contacto con sus congéneres, las areniscas del piso de Ituzaingó = Asperón de Corrientes = Mesopotamiense (+ Entrerriense) = Puelchense. Como la relación se efectúa a través de la falla se concluye que las aguas contenidas en estos horizontes geológicos en el Noreste de la provincia de Buenos Aires y de máxima importancia para esta región, no proceden solamente desde la sierra de Córdoba como había admitido en un trabajo anterior (1958), sino que parte de su caudal procede de Mesopotamia. En esta región, el sedimento está abierto a la infiltración p. e. en Corrientes y en el Norte de Entre Ríos, desde donde se inclina suave, pero sostenidamente, al Sur. Esta circunstancia da lugar a que la o las napas de agua se encuentren bajo presión, ya que la cubierta Ensenadense es prácticamente impermeable. Así se explica por qué ellas son francamente semisurgentes en el Noreste de Buenos Aires y artesianas en la orla austral del río Paraná.

Al suponerse que las aguas provenían exclusivamente desde la sierra de Córdoba se tropezaba con el inconveniente del largo camino que debían recorrer y del tenor importante de la pérdida de carga de ahí resultante. Además, la escasa pre-

precipitación actual reinante en la región cordobesa obligaba a recurrir a una época de mayor cantidad de lluvias, a la época pluvial postglacial, distante 1.000 a 4.000 años de nuestros días, y considerar las aguas del Puelchense como fósiles, agotables dentro de un lapso de tiempo de unos 60 años.

Con la posibilidad del suministro de aguas desde regiones de una precipitación superior a los 1.000 mm. anuales, mejora la perspectiva, pero debe anotarse que la intercomunicación entre el Puelchense de uno y otro lado de la fractura se produce solamente en un tramo parcial de la misma.

Sobre este tópico se obtendría información mediante perforaciones previsibles en los lugares críticos, es decir, sobre ambos lados de la fractura principal en el tramo entre el arroyo Nogoyá y el río Uruguay. El resultado será de importancia no sólo para la región del delta sino para el Noreste de la provincia de Buenos Aires.

No se ha realizado hasta ahora ninguna exploración sistemática de la región del delta del Paraná, pero convendría encararla a base de perforaciones de profundidad no menor de 100 m., bien equipadas para un debido aislamiento de las napas de agua que se atravesarán para alcanzar el límite entre Puelchense y Paranense. El estudio se impone para conocer la reserva de agua disponible y su calidad.

SAMBOROMBONENSE Y QUERANDINO

Los depósitos denominados con estos términos estaban primitivamente reunidos bajo el nombre del segundo de los del título. Querandino era tanto el fango gris plomizo que compone la región del "hinterland" de la Bahía de Samborombón, como los cordones litorales de conchilla que se asientan en el fango gris o en un depósito terrestre a lagunar que a su vez cubre el fango gris. Este sedimento intermedio entre ambos caracteriza el delta del Colorado, donde tiene color rojizo, y las vaguadas amplias de los cursos de agua que se vierten al río de la Plata y al mar, desde la parte Noreste de Buenos Aires, como expuso Siragusa (1949), en un trabajo inédito. Estando separadas las dos invasiones marinas por un retroceso del mar que hemos sincronizado con el lago de *Ancylus* del Báltico, no es conveniente aplicarles el mismo nombre, máxime que su desarrollo es harto diferente. El Samborombonense corresponde a una ingresión marina coherente y amplia en San Antonio,

Bahía Blanca-Río Colorado, en el "hinterland" de la Bahía de Samborombón y en el "delta" del Paraná (fig. 6); en cambio el Querandino consiste en cordones litorales espaciados y sub-paralelos (figuras 7 y 8).

Anteriormente a la diferenciación de estos depósitos, se les aplicaba el nombre de Querandino, por F. Ameghino. Así lo encontramos en la obra sobre el Pilcomayo de Tapia (1935) donde el autor hizo una reconstrucción de la penetración del mar en el ámbito del "delta" del Paraná, que hizo llegar hasta algo más del Norte de Santa Fé.

Para ello, se basó en el dato de Roth de que se había hallado conchilla cerca de la estación de El Tala del F. C. Mitre y en la noticia de que había tales bancos de conchilla en la región de San Nicolás.

Mi visita a la zona dio como resultado que el dato de El Tala no pudo ser confirmado y que la conchilla de la región de San Nicolás, se encuentra en lagunas chatas de varias islas del delta y compuesta por moluscos vivientes. Se explotan para usar el nácar de sus conchas cada 3 ó 4 años, tiempo que necesita esta fauna para reponerse.

Es muy probable que en El Tala, se trate también de conchillas de moluscos vivientes, porque, según la indicación de Roth, los bancos se encontraran a 45 m. sobre el cero del Riachuelo o sea fuera del alcance de la ingresión marina del Samborombonense como de la del Querandino. Vimos que por el nivel máximo alcanzado por la primera en Diamante, no pudo en este lugar sobrepasar los 30 m. Podría suponerse que originalmente hubo ascenso tectónico, pero no resulta admisible, porque en tal caso, la erosión del río Paraná debería haber puesto en descubierto el depósito samborombonense del "delta" y haber destruido gran parte del mismo. Pese a la inoperancia de los argumentos tomados del arroyo Los Talas y de la región de San Nicolás, queda en pie la penetración del mar en la vaguada del río Paraná tal como ha sido esbozada por Tapia, en base a las perforaciones ejecutadas al norte de Zárate en la ruta 12 (Tapia, 1935).

LAGUNAS INTERNAS DE LAS ISLAS DEL DELTA DEL PARANA

En casi todas las islas del delta del Paraná, se hallan una o varias lagunas en suaves hondonadas, solas o en rosario. Parecen tener varios orígenes.

a) Lagunas en brazos abandonados del Paraná. A esta categoría pertenece la laguna del Talar, situada entre San Nicolás y Villa Constitución sobre la ribera izquierda del Paraná Guazú. En tiempo de mi visita, el río se encontraba en plenitud, pero sin desbordar, salvo en alguno que otro lugar esporádicamente. La entrada desde el Este y desde el río era expedita y tenía unas 5 brazas de profundidad que disminuía pronto a 3 y 3,5 brazas. A unos 6,3 km. de la entrada y a menos de un km. del curso del Paraná situado frente a Villa Constitución, la laguna tiene una especie de "plaza" a la cual convergen tres brazos: uno del norte y otros dos muy vecinos, desde el Noroeste. El primero describe una curva convexa al Este y tiene entre 1,5 y 3 brazas de profundidad. Aproximadamente a los 2 km. desde la "plaza" deja de ser navegable y en seguida se halla relleno de camalotes. Allí se bifurca, rumbo un brazo al Norte y otro al Oeste. El primero apunta al Paraná Pavón, el segundo al Paraná, distantes unos 600 a 1 200 m. respectivamente.

Los dos brazos que parten de la "plaza" al Noroeste, se unen por espejo de agua continuo al Paraná. El que ocupa posición más septentrional pudo ser forzado con la lancha. Su menor profundidad se halla casi en su unión con el Paraná, donde llega escasamente a una braza, de manera que los vacunos usan esta porción como vado. Con la bajante del río, la comunicación de éste a la "laguna" queda interrumpida.

Se trata claramente de un antiguo brazo del Paraná que tenía considerable ancho, en la parte inferior unos 700 m. El cegamiento en la zona de su arranque desde el Paraná se ha debido a que su curso es allí cóncavo al Este, de modo que se acumuló en la curva la usual cantidad de detritus.

Como se observa en la figura 7, no menos de seis ramificaciones del Paraná convergieron hacia la laguna Los Talas.

Las dos septentrionales están en vías de obturación, las dos australes están totalmente desconectadas, formando ensenaditas de la laguna y las dos del medio son aún activas, por lo menos en tiempo de plenitud del río.

Estas curiosas ramificaciones se repiten en el nacimiento del arroyo Lechiguana, donde arroyo y laguna del Cavado, retoman el papel de la laguna del Talar que, en tiempo de mi visita, poseía una ligera corriente y traía pequeños trozos de camalotes.

Entre las ramas del río obturadas o en vías de serlo o aún en actividad ocasional, existe ya sedimentación y vegetación

arbórea. Es factible que se trate de terreno conquistado al río en la parte cóncava de su curso, cuya orilla primitiva ha de haber sido la del brazo de la laguna del Talar, procedente del Paraná Pavón.

Igual proceso correspondería, en primer término, a la porción de tierra emergida comprendida entre el río y el conducto arroyo y laguna del Cavado-Lechiguanas y luego, también a todo el distrito con lagunas aisladas y arroyos truncos entre el Paraná Pavón y el Paraná Guazú.

Al Norte del primero, el cuadro de islas, lagunas y cursos de agua es de la misma índole, de modo que se concluye que *el cuerpo del Paraná ha sufrido un desplazamiento paulatino hacia el Suroeste, contra la barranca formada por el Ensenadense que lo acompaña desde más al norte de Rosario hasta el río de la Plata.*

El fenómeno, que es posterior a la depositación del Samborombonense, no puede ser explicado satisfactoriamente por un acarreo abundante del material detrítico desde Entre Ríos, porque éste consiste en arenas finas y partículas en suspensión fácilmente arrastrables por un río caudaloso. Es admisible que el río Uruguay, de caída algo mayor, haya atajado al río Paraná original, confinado a la faja en que se halla la fractura orillante de Entre Ríos, dando lugar a una depositación del material de acarreo y a una obturación creciente de su salida al río de la Plata.

El fenómeno habría progresado aguas arriba hasta más allá de Rosario, donde comienza el vuelco del río sobre sus orillas oeste y suroeste. En vista de que tal efecto de obturación retrógrada parece hartamente excesivo, creo preferible aducir otra causa que consistiría en un *ascenso leve del labio occidental y suroccidental de la fractura orillante de Entre Ríos.*

b) No creo prudente generalizar esta explicación de la existencia de lagunas del interior de las islas. La tengo por aplicable solamente en los casos traídos a consideración y en otros semejantes en que existen rosarios de aquéllas.

Pero se encuentran palanganas muy amplias en las islas que no se amoldan a una explicación por cursos de ríos abandonados.

La interpretación dada a menudo por pobladores, consiste en que en tiempo de crecidas del río, al rebasar y escurrirse al interior de las islas, deja depósitos en las orillas. Ello presupondría la existencia de palanganas en su interior.

Puede pensarse en que, en tiempos de bajantes del río, se forman túneles de drenaje como los que afluyen en el contacto del Ensenadense aquí y en un depósito arenoso lacustre del Pilcomayo. Este fenómeno ha sido ya descripto por el autor (1958), en un trabajo sobre el oeste de Formosa.

Tales canales subterráneos arrastran la arena y la llevan hasta el próximo surco de erosión donde edifican en su desembocadura conos de deyección. Sin embargo, ello no explica satisfactoriamente la amplitud de las palanganas.

Una tercera posibilidad de explicación residiría en que se trate de bocas de surgencia de aguas subterráneas que pueden reconocerse p. e. en la hoya existente en el río de la Plata frente a Berazategui. Ello implicaría la existencia de una o varias vertientes en la órbita de la palangana, de preferencia saladas, dado que en la orilla sur del río de la Plata existe una franja de aguas surgentes de este origen. Pero en este caso deberían existir "desperfectos" en la cohesión del Ensenadense a causa de fallas y las palanganas alinearse en hileras y no en el medio de las islas.

En esta emergencia, sería conveniente contar con un levantamiento aéreo del delta, que prestaría mucha utilidad también para otros fines.

Extensas porciones de la jungla del delta del Paraná pueden considerarse inaccesibles por agua y por tierra, en especial los brazos y bracitos en vías de cegamiento, cubiertos por vegetación tupida, semiacuática y pantanosos. Ellos establecen conexión temporaria o permanente con los ríos y hondonadas de las islas, imposibilitando el levantamiento topográfico detallado. Su recorrido puede ser distinguido claramente desde el aire, porque su vegetación de pantanos se destaca de la tierra ya más o menos firme, caracterizada por ser poblada de sauces, ceibos y talas, aunque estos últimos avancen a menudo a las parcelas anegadizas.

DELTA SUBFLUVIAL

Delante de las desembocaduras de los brazos ramificados del Paraná, tiene lugar una depositación del material arrastrado por causa de la cesación de su correntada, frenada por las aguas casi estancadas del río de la Plata. Se forma en consecuencia, un delta subfluvial cuyos contornos son determinados por la corriente del río Uruguay por el noreste y por la del río

Luján por el Sur. En la edificación del delta subfluvial colabora el río Uruguay con sus detritus, como se ha constatado en una tesis inédita presentada en la Universidad de La Plata (Chaar, 1957). Se deduce esta participación por el hecho de encontrar entre las arenas, minerales del basamento cristalino de Brasilia, ausentes del limo traído por el Paraná.

El límite exterior del delta subfluvial se encuentra, sin duda, en la orla de equilibrio entre la corriente aún sensible del Paraná y el vaivén de las aguas del río de la Plata. Este vaivén distribuye más uniformemente el limo por el lecho del mismo, dándole un fondo más parejo.

CONSIDERACIONES SOBRE EL RIO DE LA PLATA

En ríos como el Garona, Loira, Sena, Támesis, Rin, Weser y Elba, el flujo y reflujo de las mareas mantienen expeditos los embudos de las desembocaduras hasta 100 y más km. tierra adentro. La limpieza es debida al reflujo siendo importante para ello, el enangostamiento de los embudos; la entrada en

vigor de la mencionada fórmula $h' = h \left[\frac{a}{a'} \right]$, explica casos co-

mo el de San Julián, porque las mareas alcanzan allí hasta 15 m. de altura, dando al reflujo una caída importante y por ende, capacidad de transporte.

En el caso del río de la Plata el ancho de la boca entre Punta Piedras y Punta Yeguas (costa uruguaya), es de unos 92 km. y, en el fondo del embudo, encontramos entre Punta Lara y Colonia, un ancho de 37 km., de manera que, en esta situación, la altura de la marea en la entrada a este último, es sólo 1,6 veces mayor que en aquélla, es decir, que con 2 m. a 2,3 m. en Montevideo, llegaría a 3,5 entre Colonia y Punta Lara. De todas maneras, daría al reflujo un declive que parece suficiente para su arrastre más eficaz del limo acarreado por los afluentes del río de la Plata que el que en realidad se observa.

No se cuenta con investigaciones que permitan conocer las causas del cegamiento del río de la Plata.

Es muy verosímil que se trate de la intervención de un obstáculo que impide el desarrollo del reflujo de la marea, y, fuera de ello, de la libre penetración de la pleamar. Este obstáculo parece residir en la formación de barras en el lecho

del río, representadas por los bancos Cuirassier, Gaviota Magdalena y Chico, agrupados contra la costa sur.

Se puede deducir del hecho de que, hasta Olivos, llegan arenas con plagioclasas que pueden derivar únicamente desde la región patagónica donde abundan los basaltos y, ante todo, las dacitas y sus tobas, fácilmente desintegrables. Ni en el ámbito del Paraná ni en el del Uruguay abundan estas rocas, ni sus plagioclasas fácilmente segregables de su asociación primitiva. La presencia de tales minerales ha sido constatada recientemente por Chaar (1957). Resulta, pues, verosímil que existe un transporte de materiales llegados del sur a aguas arriba en el río de la Plata y preferentemente por su parte sur.

Una investigación futura, daría mejor criterio para aclarar la cuestión.

Otro trabajo realizado en el río de la Plata que abarcó los depósitos de bancos desarrollados en la costa uruguaya, dio como resultado que sus materiales procedían preferentemente de la bahía de Samborombón (1947). Está fuera de duda que el acarreo es producido por la corriente de las Malvinas en unión con el vaivén de la resaca.

Puede formarse un concepto de la procedencia de los materiales y de su vehículo, pero el por qué de la formación de una barra sobre la base de tales materiales y de su distribución al interior del embudo del río de la Plata carece por el momento de una explicación clara.

Es posible que se trate de las seiches, provocadas por la sudestada. Dado que no se conocen observaciones y mediciones del fenómeno, no es posible apreciar la capacidad de transporte de las mismas.

Es sabido que grandes precipitaciones en la cuenca del río Salado y el desagüe de las regiones anegadas por los canales dá lugar a una fuerte erosión de éstos, de modo que se vierte una cantidad de detritus a la bahía de Samborombón que puede ser y es transportada a la boca del río de la Plata, donde refuerza el material obturador del mismo.

Todos estos problemas que interesan a la navegabilidad del río, pueden ser objeto de estudio y de registro en la esperanza de encontrar medidas capaces de disminuir, no digo eliminar, el cegamiento progresivo de las vías fluviales.

- 1) Alcance de las mareas.
- 2) Medidas de las seiches y su capacidad de arrastre.

- 3) Procedencia de este material.
 - 4) Influencia del río Uruguay.
 - 5) Faja de equilibrio entre las corrientes de los ríos Paraná y Uruguay por un lado y la penetración de la marea.
 - 6) ídem para las seiches.
 - 7) Interferencias de marea y seiches.
- Su influencia sobre la depositación de material de acarreo.

II

CARACTERES GEOLOGICOS COMPLEMENTARIOS

En la primera contribución, se expresó que debe existir un paso de las aguas de las arenas puelches existentes en el subsuelo de la provincia de Entre Ríos hacia las del Norte de la provincia de Buenos Aires a través de la fractura del Paraná incorporándose al caudal procedente de la sierra de Córdoba.

En el interín se han reunido una serie de datos obtenidos de observación directa y de perforaciones ejecutadas en Mesopotamia, infortunadamente todas de escaso alcance, pero suficientes para establecer la distribución del Puelchense en el subsuelo de Entre Ríos y Corrientes. Ilustran al respecto, los perfiles (figs. 8 y 9), que permitieron, además, la construcción de un mapa geológico de la región (fig. 10).

Ha resultado que el Puelchense se extiende a través del subsuelo de Entre Ríos y se une al aflorante en el Noroeste de Corrientes y en la orla de Entre Ríos contigua al Paraná. En él se incluyen los depósitos marinos del llamado Entrerriense que se intercala en forma de lente por la orilla izquierda del Paraná en dirección al pueblo de Brugo, como se sabe por Bonarelli y Nágera (1913). Es de interés señalar que en la perforación de Sola se encuentran a 91 m. y 92 m. debajo de la superficie, restos de ostras y de otros moluscos entrerrienses, lo que significa, teniendo en cuenta la cota, 9 y 10 m. debajo del nivel del mar, es decir, a unos 20 a 30 m. debajo de los afloramientos del Entrerriense de la barranca del puerto de Paraná. Ello demuestra un ligero buzamiento oriental de los estratos.

Al tener en cuenta la excepcional altura de alrededor de 100 m. de la cuchilla de Villa Crespo a Betbador, se puede expresar también con más propiedad que hay una sobreelevación

del conjunto Puelchense-Entrerriense en dirección a la fractura del Paraná. De Diamante a la desembocadura del arroyo Nogoyá se reducen los afloramientos del Puelchense (Entrerriense), a una faja angosta, para luego cobrar amplitud hacia el Este desde el Norte del Paraná Ibicuy hasta Gualeguay y Gualeguaychú. Como se vé, en los perfiles, en esta comarca el Puelchense aparece, igual que en Paraná, por debajo de su cubierta cuartaria, ensenadense (fig. 9). Lo mismo acontece en la faja del arroyo San Feliciano sobre cuyo lado sur termina esta cubierta infracuartaria, transponiéndolo en un martillo sólo en los alrededores del pueblo homónimo y verosímelmente, en torno del de Sauce. Como se sabe por Bonarelli y Longobardi, todo el Noroeste de Corrientes está constituido por Puelchense en el cual se infiltran aguas del Alto Paraná que asoman en hondonadas erodadas por el abanico de antiguos cursos ramificados de este río al salir de la confinación entre meláfiro que constriñen su curso aguas arriba de Posadas. Esta agua infiltrada, lo dota de potentes napas, como se observa en los perfiles, y en partes se halla casi totalmente embebido. Su espesor supera los 60 m. como se ve en los sondeos de Basavilbaso y Urdinarrain. El caudal de aguas subterráneas contenidas en este complejo es, pues, muy considerable.

El área ocupada por el Puelchense en Mesopotamia, se halla al Oeste de un umbral que acompaña al río Uruguay por el oeste. En él afloran el meláfiro y areniscas gris violetas y rojas nóricas del Gondwana y, sobre ellos, un conjunto de estratos terciarios entre las cuales se destacan areniscas rojas y pardas claras a oscuras e. p. brechosas de consistencia de cuarcita por infiltración de sílice, acompañados por calcáreos que se ubican en el Plioceno por consenso general. Se superponen ya sea al meláfiro, ya sea a capas terciarias más antiguas, de modo que en su base existe una discordancia.

Como se vé en el mapa, el umbral comienza por el sur en el codo del Uruguay al Este de Gualeguaychú. Luego prosigue hasta la latitud de Mercedes en Corrientes, pasando su límite oeste por Yofré y se dirige desde este punto al noreste a lo largo de la falla que delimita el ambiente del Iberá por el Sureste. El área puelchense sufre, pues, una estrangulación. La superficie ocupada por el piso en Mesopotamia puede estimarse en unos $10^5 \text{ km}^2 = 10^{11} \text{ m}^2$. El volumen sería de 6.10^{12} m^3 y el del agua contenida al 20 % de $1.2.10^{12} \text{ m}^3$. Se desconoce la velocidad de su percolación. La dirección del escurrimiento resulta de los perfiles anteriormente mencionados

que ha de ser centrífuga y orientada hacia la fractura que circunda Mesopotamia por el oeste, suroeste y sur, con excepción de la zona de la cuchilla de Villa Crespo.

Es probable que en el interior de Mesopotamia, las láminas de agua estén más o menos inmóviles y que haya desplazamiento acentuado marginal creciente hacia la faja de la fractura. El desnivel entre la región de infiltración y los vertederos subterráneos es escaso en todo el perímetro Oeste, Suroeste y Sur. Dado que el Alto Paraná se halla a los 60-70 m. y los vertederos aflorantes del triángulo entre Gualeguay-Guaileguaychú, río Uruguay y río Paraná Ibicuy-Paranacito a unos pocos metros sobre el nivel del mar, la presión hidrostática no llega a ser muy notable, lo cual queda abonado por el hecho de que en el interior de Mesopotamia las napas inferiores contenidas en el Puelchense son sólo ascendentes, aunque fuertemente, y las superiores no suelen elevarse por sobre su confin original. En Corrientes, sus aguas aparecen en los surcos de los arroyos y dan lugar a fajas pantanosas marginales. Algo semejante ocurre en Entre Ríos a lo largo de los cursos de agua de mayor incisión, en especial en el del Gualeguay.

Las napas subterráneas transponen la fractura manifiestamente entre Resistencia y Santa Fé y sus aguas afloran en la superficie dando lugar a arroyos paralelos al río Paraná que nacen sobre su margen derecha y demuestran su independencia por tener vertientes de cabecera no conectadas con aquél. Se hallan en el ámbito del delta samborombonense del Paraná es decir, en la faja más deprimida de la región.

Donde la cubierta ensenadense del Puelchense se aproxima a la margen derecha del Paraná, como en su orilla del Sur de la provincia de Santa Fé, Norte de Buenos Aires y río de la Plata, cesa la aparición en superficie de las aguas subterráneas mesopotámicas haciéndose surgentes al ser alcanzadas por perforaciones.

Es pues, consecuencia lógica admitir el pasaje de las napas de agua del Puelchense de Entre Ríos austral y suroccidental al de Buenos Aires septentrional y Santa Fé oriental. Debe tenerse en cuenta que parte de estas aguas se vierten directamente al Paraná en el frente Oeste de Corrientes y en el del Suroeste y Sur de Entre Ríos; otras se reintegrarán a dicho río por la fractura que circunda Mesopotamia al Oeste, Suroeste y Sur, y finalmente, como se dijo, parte pasa a través de la fractura al Puelchense de su labio austral, a Santa Fé y Buenos Aires.

III

DATOS COMPLEMENTARIOS DEL SUBSUELO

El estudio de los perfiles de unas 150 perforaciones de Entre Ríos y Corrientes y nuevas observaciones realizadas, permiten reconocer algunos otros detalles de interés, principalmente del llamado Puelchense.

Los bancos marinos que se intercalan, ya conocidos de la barranca del Paraná, han sido denominados "Patagonia" por d'Orbigny, "Paraná" por Doering y "Entrerrien" por F. Ameghino y las arenas que resultaron equivalentes "Puelchense" por el último y "Entre Ríos Sand" por Stappenbeck.

Bancos marinos contenidos en el grupo han sido constatados en aquella barranca y seguidos hasta Diamante por varios autores, especialmente por Frenguelli. Ya se dijo que Bonarelli y Nágera reconocieron que terminan en cuña hacia el Norte por entre las arenas y areniscas continentales. Hacia el Sur se los encuentra en la zona de Victoria, donde afloran en arroyo Tajamar, arroyo Manantiales (camino de Victoria a Paraná) y puente sobre el mismo, arroyo Las Ceibas Grandes ambas márgenes del arroyo Doll, arroyo Berrenechea, arroyo Ensenada (el Salto), costa del Paraná y cerros de la Matanza. Conforme a las perforaciones de Puerto Diamante, Villa Crespo y Solá, las intercalaciones marinas se expanden; con ello se agranda notablemente el área ocupada por la ingresión marina puelche o entrerriense especialmente al sur y Este, lo que coincide con el hecho de que se hallan sus testimonios en Uruguay de Nueva Palmira hacia Montevideo. Es muy probable que restos de moluscos marinos podrán aparecer en pozos del Sur de Entre Ríos cuando se hagan sondeos en forma menos descuidada que la usual.

Los sondeos demuestran que existe una combadura sinclinal del Puelche y de su cubierta ensenadense, transversal, es decir, latitudinal de río a río. Ella queda ilustrada por el corte de Hernández a Caseros: a saber; el límite entre ambos pisos se halla en

HERNANDEZ	NOGAYA	LUCAS GONZALEZ	SOLA	ROSARIO TALA	BASAVILBASO	CASEROS
57,3 m.	42,5 m.	28 m.	27,4 m.	20,3 m.	37 m.	31 m.

Esta disposición da lugar a que las aguas subterráneas tiendan a concurrir a una especie de vaguada que se dirige a la zona de Gualeguay.

Si bien el volumen de agua contenido en las arenas puelches de Entre Ríos asciende a casi la mitad del que trae el Paraná en un día, no puede contarse conque esta masa de agua trasponga enteramente en sifón la fractura de Entre Ríos a Buenos Aires. Es grande la pérdida que sufre en el trayecto desde la región de infiltración hasta el Paraná Guazú. En vista de que aflora en todo el contorno de Mesopotamia con excepción de la costa del Uruguay aguas arriba de Concordia, es susceptible de derramar su contenido en agua hacia las vaguadas del Paraná y del Uruguay. Dado su forma de cubeta o de media caña, este derrame es frenado un tanto gravitacionalmente, porque tiende a dirigirse hacia el eje de la cuenca. Por el Oeste y el Este, la surcación regresiva desde los grandes colectores es de escaso alcance, de modo que el lecho de los arroyos, a poca distancia tierra adentro, pasan a interesar solamente la cubierta ensenadense que confina las aguas del Puelche. Los cursos de los arroyos Nogoyá, Gualeguay y Gualeguaychú, en cambio, recortan por largos trechos la superficie de Entre Ríos y llegan a interesarlo directamente con cuyas aguas se alimentan, afortunadamente muy débilmente. Generalmente se forman bañados en las vaguadas de carácter de esteros migratorios muy lentos. El escaso declive y la vegetación frenan el desplazamiento, pero favorecen pérdida por evaporación.

Donde la pérdida es muy considerable, es en el ámbito entre la línea Gualeguay-Gualeguaychú y los ríos Paraná Guazú y Uruguay. Todos los bañados se alimentan del Puelche y forman arroyos cuyas partes inferiores han sido convertidas en pequeños ríos de la Plata por el vaivén de la marea, tales como los riachos Paranacito, Nancay, Martínez, Animas, etc. La sustracción de las aguas puelches tiene lugar al bajar la marea y establecerse correntada hacia el río de la Plata y el mar. El vaivén frena el desagüe del Puelche. Este desagüe es de im-

portancia mayor donde el Puelche es surcado por el Paraná en las inmediaciones de la fractura, es decir, en el Paraná Ibicuy, Guazú y Bravo. Dos son los indicadores de afluencia de agua subterránea al río. En primer término, cuentan los notables hoyos del Paraná Bravo que tienen hasta 18-20 m. de profundidad y los del Paraná Ibicuy con hasta 32 m. Vertientes fuertes, sujetas a suficiente presión hidrostática, a surgencia, eliminan en su ascenso sedimentos de escasa coherencia como lo son las arenas puelches, dando lugar a tales hoyos. Al mismo tiempo, se explica por qué de Ibicuy para abajo se forman bancos de arenas en el lecho del río Paraná Guazú (Ibicuy), que pueden ser explotados.

Si bien un aforo de los arroyos Nogoyá, Gualeguay y Gualguaychú puede suministrar un concepto en cuanto a la pérdida de agua del Puelche en las cuencas imbríferas respectivas, y si bien será posible también medir la pérdida que corresponde a la zona entre la línea Gualeguay-Gualeguaychú y los ríos Uruguay y Paraná, el volumen de agua que escapa a este último será difícilmente apreciable.

Con todo, habrá una merma importante en el volumen de agua que puede pasar en sifón a la banda austral de la fractura y a Buenos Aires. Los sondeos podrán revelar tal incógnita. Que existe presión hidrostática queda evidenciado por el hecho de que hay surgencia de aguas en la orilla sur del Delta.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- BONARELLI G. y J. J. NAGERA (1913): *Informe preliminar sobre un viaje de investigación geológica a las Provincias de Entre Ríos y Corrientes*. Bol. Dircc. Gral. Min. Geol. e Hidrol., 5B, Buenos Aires.
- BRAVARD, A.: 1874) *Mapa Geográfico y Geológico de Entre Ríos*.
- BUSCAGLIA, E. J.: (1957) *Estudio de los sedimentos del río de la Plata, entre las desembocaduras del Paraná Guazú y el Paraná de las Palmas*. Tesis Mus. La Plata, Nº 238, pp. 53, 14 tablas, 14 figs., 5 fotog., 1 mapa, La Plata.
- CHAAR, E.: (1957) *Los sedimentos del fondo del Río de la Plata en la zona comprendida entre el río Paraná de las Palmas y Puerto Nuevo*. Tesis Mus. La Plata, Nº 239, pp. 53, 14 tablas, 14 figs., 1 mapa, La Plata.
- FRENGUELLI, J.: (1957) *Nota de Geología Entrerriana*. Rev. Soc. Geol. Arg. t. II, Nº 2, Buenos Aires.
- GROEBER, P.: a) (1945) *Las aguas surgentes y semisurgentes de la Provincia de Buenos Aires*. Rev. La Ingeniería, año XLIX, Nº 6, pp. 371-387, con 3 mapas, 2 perfiles en el texto, Buenos Aires. Not. Mus. La Plata, t. XIV, Geol. Nº 57, pp. 239-266, 6 figs., La Plata.
- b) (1952): *Glacial, Tardío y Postglacial en Patagonia*. Rev. Mus. Municipal Cienc. Nat. y Trad. Mar del Plata, t. I, entrega 1, pp. 79-103.
- c) (1958): *Bosquejo Geológico y Climatológico de Formosa*. Bol. Acad. Cienc., t. XL, pp. 265-284, Córdoba.
- ROTH, S.: (1920) *Investigaciones geológicas en la llanura pampeana*. Rev. Mus. La Plata, t. XXV, pp. 135-342, 18 láms., 20 figs., La Plata.
- SIRAGUSA, A.: (1949) *Contribución al conocimiento del Querandinense en el partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires*. Tesis Mus. La Plata, Nº 151, pp. 220.
- TAPIA, A.: (1935) *Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas*. Bol. Direc. Nac. Min., Nº 40, Bs. Aires.

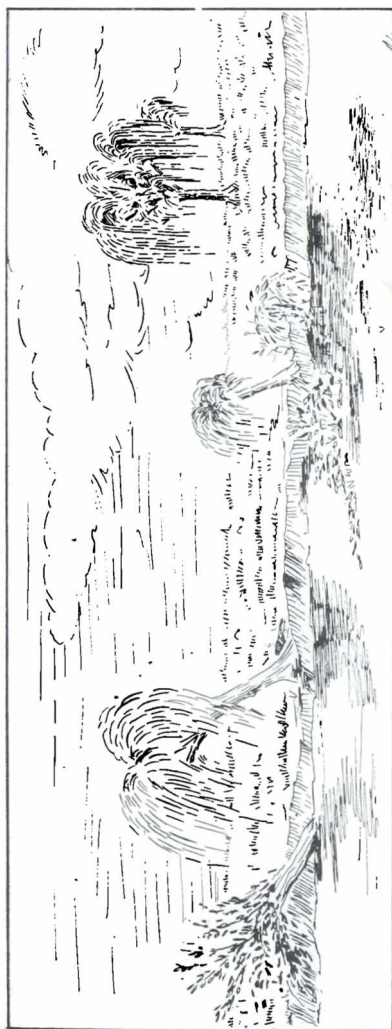


Fig. 1. — Costa común en canales y riachos del Delta, mostrando los distintos grados de erosión.

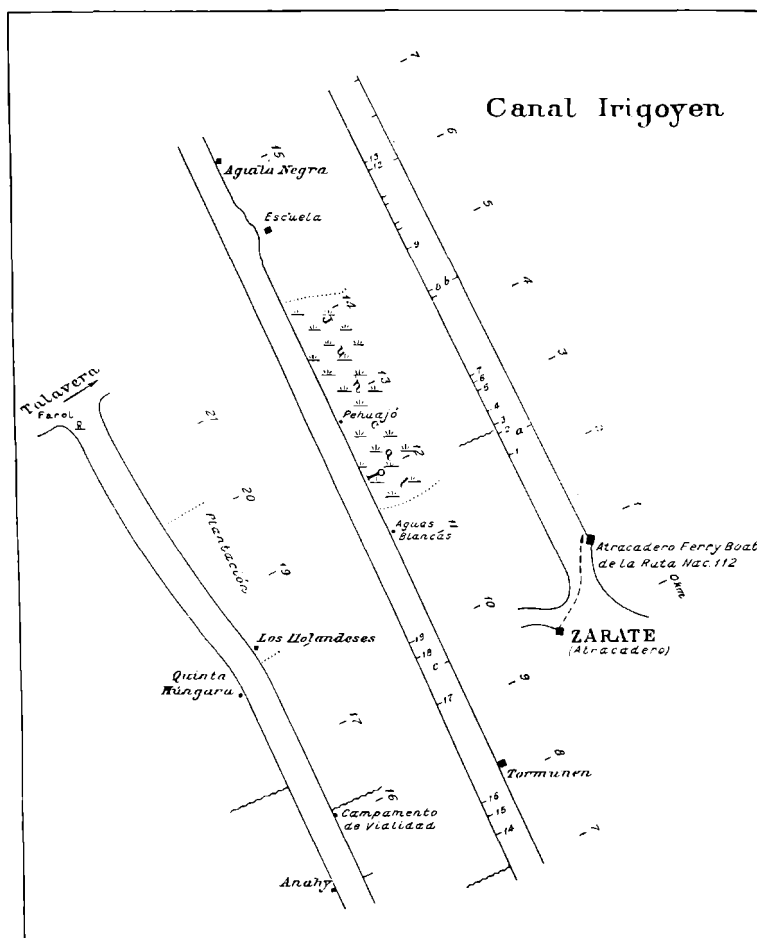


Fig. 2. — Croquis planimétrico del canal Irigoyen, en el cual se han identificado con números y letras los muellecitos de sus lados Oeste y Este, respectivamente.

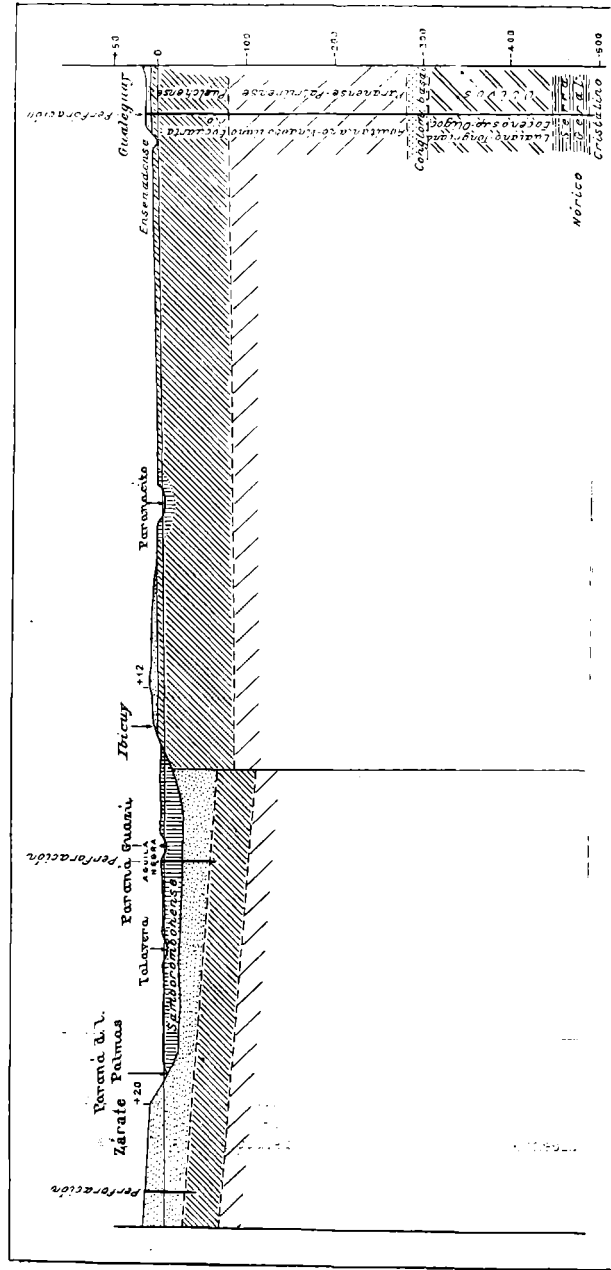


Fig. 3. — Perfil a través de la hondonada ocupada por la vaguada del Paraná, de Zárate a Gualeguay.

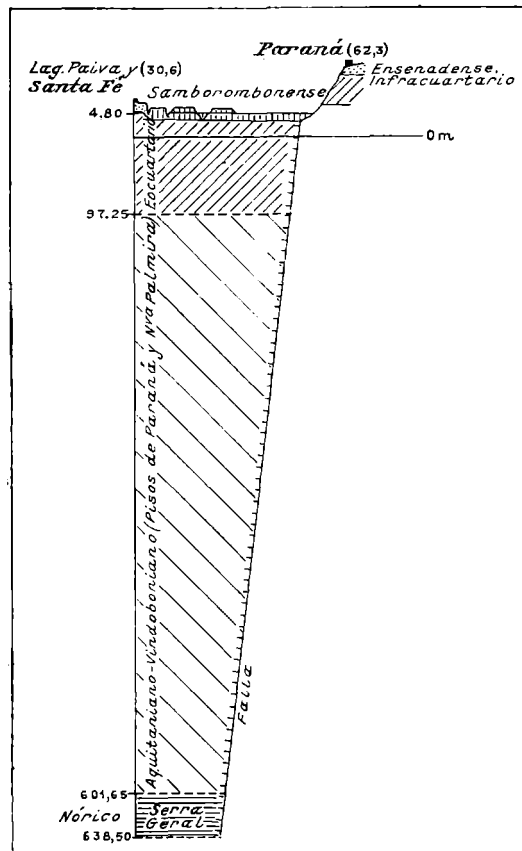


Fig. 5. — Perfil de Santa Fe a Rosario, que ilustra sobre el desplazamiento con ascenso del labio oriental, con ascenso del labio oriental, con respecto al del Oeste.

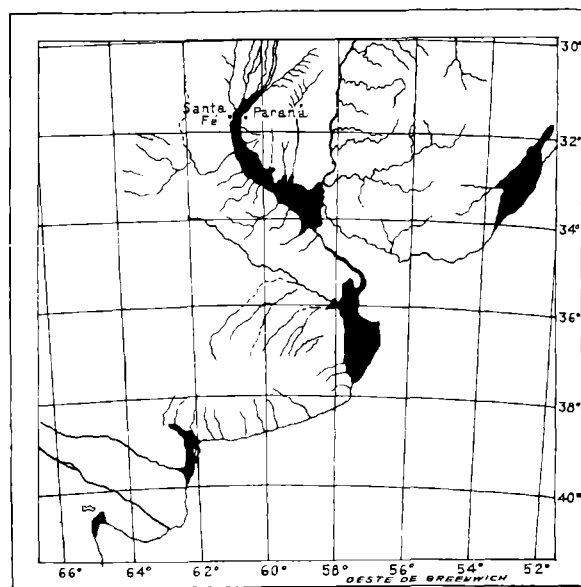


Fig. 6. - Ingresión del mar samborombonense.

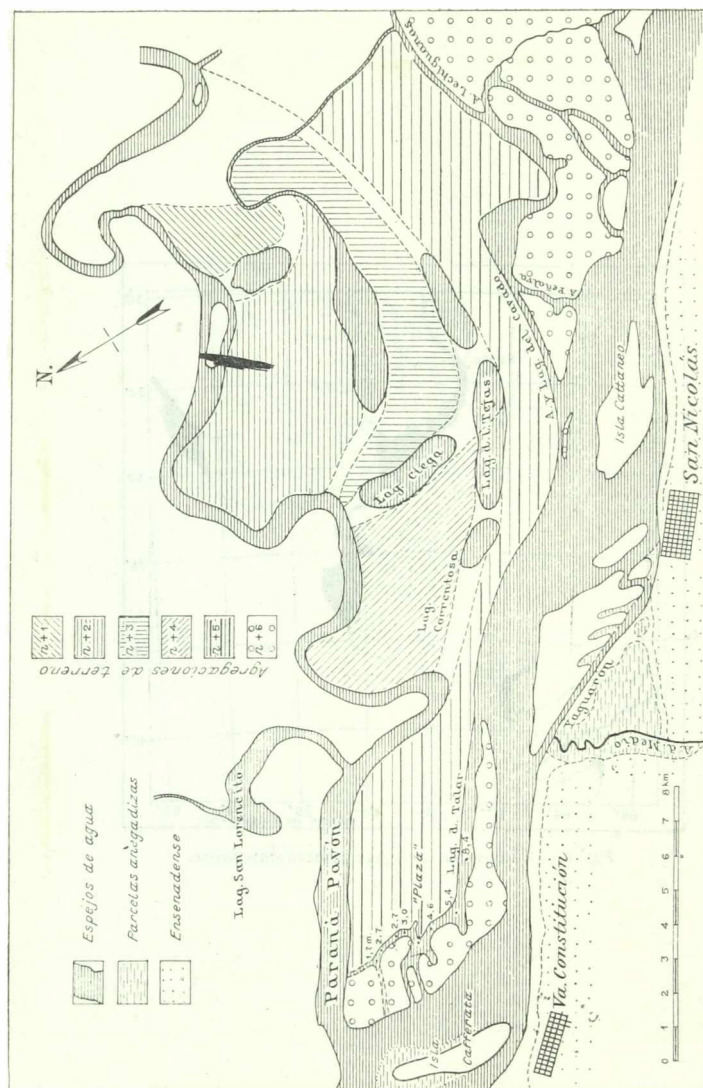


Fig. 7. — Bosquejo topográfico del sector del Delta próximo a San Nicolás. Los antiguos brazos del río Paraná, hoy abandonados, demuestran su paulatino desplazamiento hacia el Suroeste contra la barranca formada por el ensenadense, respecto al del Oeste.

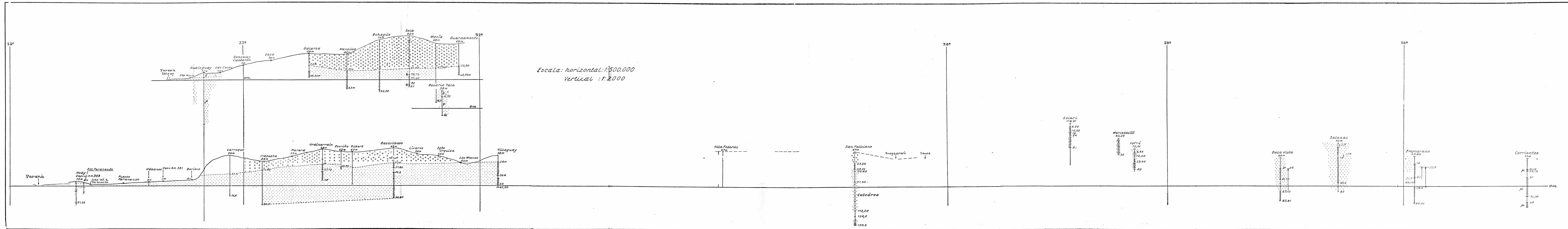


Fig. 8. — Perfiles de Mesopotamia realizados sobre la base de perforaciones existentes.

